



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10256821 A**(43) Date of publication of application: **25 . 09 . 98**

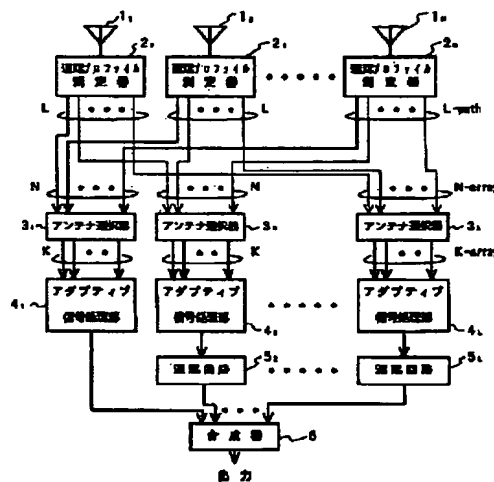
(51) Int. Cl

**H01Q 3/26**(21) Application number: **09346899**(22) Date of filing: **16 . 12 . 97**(30) Priority: **07 . 01 . 97 JP 09 841**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor: **MATSUOKA HIDEHIRO  
SHIYOUKI HIROKI  
TSUJIMURA TERUHIRO  
MURAKAMI YASUSHI****(54) ADAPTIVE ANTENNA****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To significantly decrease the number of weighting units for simplification of constitution of an adaptive antenna by selecting some antenna elements at each delay time based on the signal receiving state that is estimated by every antenna and giving the weight to the received signals of these selected antenna elements.

**SOLUTION:** This adaptive antenna is provided with N antenna elements  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$  without have directivity and are connected in 1:1 to the delay profile measuring devices  $2_1, 2_2, \dots, 2_N$  respectively. The devices  $2_1$  to  $2_N$  output the signal components of each delay time extracted from the received signals to the corresponding antenna selectors  $3_1, 3_2, \dots, 3_L$ . These selectors selects the received signals of the elements  $1_1$  to  $1_N$  and output them to the adaptive signal processing parts  $4_1, 4_2, \dots, 4_L$ . Then the different signal components which are set previously are processed and then synthesized by a synthesizer 6.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-256821

(43)公開日 平成10年(1998) 9月25日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 Q 3/26

識別記号

F I

H 0 1 Q 3/26

C

Z

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平9-346899

(22)出願日 平成9年(1997)12月16日

(31)優先権主張番号 特願平9-841

(32)優先日 平9(1997)1月7日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 松岡 秀浩

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 庄木 裕樹

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 辻村 彰宏

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 弁理士 須山 佐一

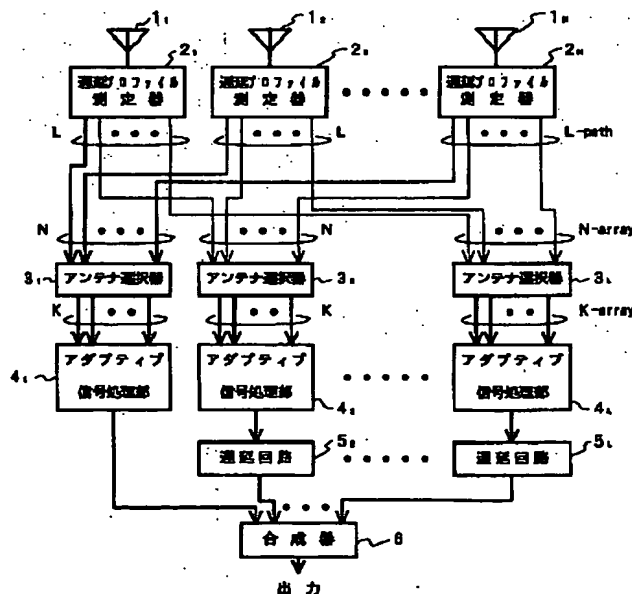
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アダプティブアンテナ

(57)【要約】

【課題】 直接波と遅延波との合成波より干渉波成分を取り除いた純度の高い信号が取り出せるとともに、重み付け処理時間を大幅に短縮して電波伝搬環境の変動に対して迅速に対応することができるアダプティブアンテナを提供する。

【解決手段】 指向性の異なる複数のアンテナ素子  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$  と、予め設定された遅延時間毎の、個々のアンテナ素子による信号受信の状態を推定する遅延プロファイル測定器  $2_1, 2_2, \dots, 2_N$  と、推定結果に基づいて、遅延時間毎に一部のアンテナ素子を選択するアンテナ選択器  $3_1, 3_2, \dots, 3_L$  と、選択された一部のアンテナ素子の受信信号に重みをそれぞれ付与し、遅延時間毎の単位で合成するアダプティブ信号処理部  $4_1, 4_2, \dots, 4_L$  と、合成された各遅延時間毎の各受信信号の相互の時間のずれを補正する遅延回路  $5_2, 5_3$  と、時間補正された各遅延時間毎の各受信信号を合成する合成器6とを具備する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 指向性の異なる複数のアンテナ素子と、  
 予め設定された遅延時間毎の、前記個々のアンテナ素子  
 による信号受信の状態を推定する推定手段と、  
 前記推定結果に基づいて、前記遅延時間毎に一部のアン  
 テナ素子を選択する選択手段と、  
 前記選択された一部のアンテナ素子の受信信号に重みを  
 それぞれ付与する手段と、  
 前記重みが付与された各受信信号を前記遅延時間毎の単  
 位で合成する手段と、  
 前記合成された前記各遅延時間毎の各受信信号の相互の  
 時間のずれを補正する手段と、  
 前記時間補正された前記各遅延時間毎の各受信信号を合  
 成する手段とを具備することを特徴とするアダプティブ  
 アンテナ。

【請求項 2】 請求項 1 記載のアダプティブアンテナに  
 おいて、  
 前記推定手段が、予め定義された遅延時間毎の、前記個  
 々のアンテナ素子の受信信号の電力、または強度、また  
 は信号雑音比を推定することを特徴とするアダプティブ  
 アンテナ。

【請求項 3】 請求項 2 記載のアダプティブアンテナに  
 おいて、  
 前記選択手段が、前記推定結果に基づいて、予め設定さ  
 れた遅延時間毎に、受信信号の電力、または強度、また  
 は信号雑音比がより大きいアンテナ素子を選択すること  
 を特徴とするアダプティブアンテナ。

【請求項 4】 請求項 2 記載のアダプティブアンテナに  
 おいて、  
 前記選択手段が、前記推定結果に基づいて、予め設定さ  
 れた遅延時間毎に、受信信号の電力、または強度、また  
 は信号雑音比がより大きい少なくとも 1 つの第 1 のアン  
 テナ素子と、他の遅延時間での受信信号の電力、または  
 強度、または信号雑音比がより大きい少なくとも 1 つの  
 第 2 のアンテナ素子を選択することを特徴とするアダプ  
 ティブアンテナ。

【請求項 5】 請求項 2 記載のアダプティブアンテナに  
 おいて、  
 前記選択手段が、前記推定結果に基づいて、予め設定さ  
 れた遅延時間毎に、受信信号の電力、または強度、また  
 は信号雑音比がより大きい少なくとも 1 つの第 1 のアン  
 テナ素子を選択し、かつ予め設定された遅延時間毎に、  
 干渉波信号の電力、または強度、または信号雑音比がよ  
 り大きい少なくとも 1 つの第 2 のアンテナ素子を選択す  
 ることを特徴とするアダプティブアンテナ。

【請求項 6】 請求項 5 記載のアダプティブアンテナに  
 おいて、  
 前記第 2 の選択手段が、前記推定結果に基づいて前記各  
 遅延時間に前記個々のアンテナ素子に到来する信号のレ  
 プリカを作成し、作成されたレプリカとアンテナ素子の

受信信号に基づいて該アンテナ素子に到来する干渉波信  
 号を推定する手段と、この干渉波信号の推定結果に基づ  
 いて前記第 2 のアンテナ素子を選択することを特徴とす  
 るアダプティブアンテナ。

【請求項 7】 指向性が異なる複数のビームを各々形成  
 する複数のアンテナ素子と、  
 予め定義された遅延時間毎の、前記各アンテナ素子の個  
 々のビームによる信号受信の状態を推定する推定手段  
 と、

10 前記推定結果に基づいて、一部のアンテナ素子の 1 ビー  
 ムを選択する選択手段と、  
 前記選択されたアンテナ素子の 1 ビームを通して受信さ  
 れた信号に重みをそれぞれ付与する手段と、  
 前記重みが付与された各受信信号を前記遅延時間毎の単  
 位で合成する手段と、  
 前記合成された前記各遅延時間毎の各受信信号の相互の  
 時間ずれを補正する手段と、  
 前記時間補正された前記各遅延時間毎の各受信信号を合  
 成する手段とを具備することを特徴とするアダプティブ  
 アンテナ。

20 【請求項 8】 請求項 7 記載のアダプティブアンテナに  
 おいて、  
 前記推定手段が、予め定義された遅延時間毎の、前記各  
 アンテナ素子の個々のビーム毎の受信信号の電力、また  
 は強度、または信号雑音比を、前記信号受信の状態とし  
 て推定することを特徴とするアダプティブアンテナ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

30 【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、無線通信  
 システムにおける、基地局や端末に用いられるアダプテ  
 ィブアンテナに関する。

## 【0002】

【従来の技術】アダプティブアンテナは、基地局や端末  
 のアンテナに到来する遅延波や干渉波等の不要波を抑圧  
 することによって、データ伝送の高速化やユーザ数の増  
 大化を達成する。このアダプティブアンテナは、マルチ  
 パスによって遅延して到来する希望波のエネルギーを合  
 成することによって信号雑音比を向上させる。

40 【0003】以下に従来のアダプティブアンテナについて  
 説明する。

【0004】図 9 に示すように、無指向性を有する複数の  
 のアンテナ素子 101、102、103 で受信された信号は、A/D 変換器 104、105、106 によりディ  
 ジタル信号に変換され、複数のアダプティブ信号処理部  
 107、108、109 へ分配される。アダプティブ信  
 号処理部 107、108、109 に入力された各信号  
 は、個々に重み付け器 110 によって重み付けされ、加  
 算器 111 によって合成される。

50 【0005】各重み付け器 110 の重み付け量は重み付  
 け制御回路 113 により設定される。重み付け制御回路

113は、個々のアダプティブ信号処理部に入力された各信号の中で、参照信号と相関の強い信号成分を強調し、その他の信号成分を妨害波成分として抑圧するように、各重み付け器110の重み付け量をそれぞれ設定する。また、重み付け制御回路113は、ある1つのアダプティブ信号処理部で直接波（遅延時間が零の受信信号）成分を抽出し、他のアダプティブ信号処理部では互いに遅延時間の異なる遅延波成分を抽出するように、各アダプティブ信号処理部107、108、109の重み付け器110の重み付け量を制御する。

【0006】これにより、合成器112から、直接波と遅延波との合成波より他の干渉波（妨害波）成分を取り除いた純度の高い信号が取り出される。

【0007】しかしながら、このようなアダプティブアンテナは、到来する遅延波の数をL、アンテナ素子の数をNとして、 $L \times N$ 個の重み付け器が必要である。重み付け器の数は重み付け制御回路による重み付け量のトータル計算量を左右する。このため、回路構成が複雑になるという問題があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、重み付け器の数を大幅に減らして構成の簡略化を図ることができるアダプティブアンテナを提供することを目的とする。

【0009】また、本発明は、重み付け処理時間を大幅に短縮して電波伝搬環境の変動に対して迅速に対応することができるアダプティブアンテナを提供することを目的とする。

【0010】本発明の別の目的は、干渉波の抑圧をさらに強力に行うことができるアダプティブアンテナを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため、本発明のアダプティブアンテナは、互いにビーム方向の異なる複数のアンテナ素子と、予め設定された遅延時間毎の、前記個々のアンテナ素子による信号受信の状態を推定する推定手段と、前記推定結果に基づいて、前記遅延時間毎に一部のアンテナ素子を選択する選択手段と、前記選択されたアンテナ素子の受信信号に重みをそれぞれ付与する手段と、前記重みが付与された受信信号を前記遅延時間毎の単位で合成する手段と、前記合成された前記各遅延時間毎の各受信信号の相互の時間のずれを補正する手段と、前記時間補正された前記各遅延時間毎の各受信信号を合成する手段とを具備することを特徴とする。

【0012】本発明のアダプティブアンテナでは、個々のアンテナ素子による信号受信の状態を推定した結果に基づいて、遅延時間毎に一部のアンテナ素子を選択し、選択されたアンテナ素子の受信信号に重みをそれぞれ付与するので、遅延時間毎の受信信号から妨害波成分を除

いた純度の高い信号が得られるとともに、受信信号に重みを付与するための全体処理量を従来よりも大幅に減らすことができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

【0014】図1は第1の実施形態であるアダプティブアンテナの構成を示す図である。

【0015】指向性を有するN個のアンテナ素子 $1_1$ 、 $1_2$ 、 $\dots$ 、 $1_N$ のビーム方向は互いに異なっている。ただし、本発明のアダプティブアンテナは、無指向性を有するアンテナ素子を用いて実現することも可能である。

【0016】個々のアンテナ素子 $1_1$ 、 $1_2$ 、 $\dots$ 、 $1_N$ は遅延プロファイル測定器 $2_1$ 、 $2_2$ 、 $\dots$ 、 $2_N$ と1対1で接続されている。遅延プロファイル測定器 $2_1$ 、 $2_2$ 、 $\dots$ 、 $2_N$ は、送信信号に挿入された既知参照シンボルに基づく相関処理によって、接続されているアンテナ素子 $1_1$ 、 $1_2$ 、 $\dots$ 、 $1_N$ の受信信号における遅延プロファイルを作成する。

【0017】遅延プロファイル測定器 $2_1$ 、 $2_2$ 、 $\dots$ 、 $2_N$ は、受信信号から、L個の異なる遅延時間毎の信号成分を抽出し、抽出した遅延時間毎の信号成分を、各遅延時間にそれぞれ対応するアンテナ選択器 $3_1$ 、 $3_2$ 、 $\dots$ 、 $3_L$ に出力する。各アンテナ選択器 $3_1$ 、 $3_2$ 、 $\dots$ 、 $3_L$ は各々、N個のアンテナ素子 $1_1$ 、 $1_2$ 、 $\dots$ 、 $1_N$ の受信信号からK（ $K < N$ ）個のアンテナ素子の受信信号を選択してアダプティブ信号処理部 $4_1$ 、 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_L$ に出力する。

【0018】1つのアダプティブ信号処理部 $4_1$ は、遅延時間が零の信号成分（直接波）を処理する。その他のアダプティブ信号処理部 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_L$ は予め設定された異なる遅延時間の信号成分（遅延波）を各々処理する。各アダプティブ信号処理部 $4_1$ 、 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_L$ で処理された信号は合成器6にて合成される。

【0019】次に、このアダプティブアンテナの動作を図2に基づき説明する。

【0020】ここで、アダプティブアンテナは、8個（ $N=8$ ）のアンテナ素子 $1_1 \sim 1_8$ から構成される。各アンテナ素子 $1_1 \sim 1_8$ はそれぞれサークル状に配置されている。各アンテナ素子 $1_1 \sim 1_8$ は、円の中心から外へ向けて最大放射量を有するセクタビームアンテナである。このような指向性を持つアンテナ素子を用いることで、アンテナ素子に希望波が到来する方向以外の方向からの妨害波が到来することによる、受信信号の劣化を防ぐことができる。

【0021】図2には、各アンテナ素子 $1_1 \sim 1_8$ への到来波の状況、並びに遅延プロファイル測定器 $2_1$ 、 $2_2$ 、 $\dots$ 、 $2_N$ により推定される各アンテナ素子毎の遅延プロファイルが示されている。遅延プロファイルにおいて、横軸は遅延時間、縦軸は受信信号の電力の大きさを

示している。観測の対象となる信号は、直接波、1シンボル遅延波及び2シンボル遅延波とする。

【0022】各アンテナ選択器 $3_1$ 、 $3_2$ 、 $\dots$ 、 $3_L$  ( $L=3$ ) は、遅延時間毎 (直接波、1シンボル遅延波及び2シンボル遅延波毎) に、各アンテナ素子 $1_1 \sim 1_L$  で受信された信号のうち電力の大きいものから優先して $K$  ( $=3$ ) 個の受信信号を選択する。選択された遅延時間毎の $K$ 個の受信信号は、それぞれ遅延時間に対応するアダプティブ信号処理部 $4_1$ 、 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_L$  に出力される。

【0023】すなわち、アンテナ選択器 $3_1$  は、受信した直接波の電力がより大きい3つのアンテナ素子として $1_1$ 、 $1_2$ 、 $1_3$  を選択し、アンテナ選択器 $3_2$  は受信した1シンボル遅延波の電力がより大きい3つのアンテナ素子として $1_1$ 、 $1_2$ 、 $1_3$  を選択し、アンテナ選択器 $3_L$  は受信した2シンボル遅延波の電力がより大きい3つのアンテナ素子として $1_1$ 、 $1_2$ 、 $1_3$  を選択する。

【0024】図3はアダプティブ信号処理部の構成を示す図である。同図に示すように、個々のアダプティブ信号処理部 $4_1$ 、 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_L$  は、 $K$ 個の重み付け器7、加算器8及び重み付け制御回路9から構成される。

【0025】重み付け器7は、アンテナ選択器 $3_1$ 、 $3_2$ 、 $\dots$ 、 $3_L$  により選択された個々のアンテナ素子の受信信号に重みを付与する処理を行う。加算器8は各重み付け器7によって重みが付与された各受信信号を合成して、合成結果を重み付け制御回路9と合成器6に出力する。重み付け器7による重み付けは、具体的には、受信信号の振幅と位相を変化させることによって行われる。重み付け器7はディジタル信号処理回路あるいはアナログ信号処理回路のどちらでも実現することが可能である。例えば、重み制御信号を受信信号に乗算する乗算器 (ミキサ) や、受信信号の振幅や位相を直に変化させることのできる可変減衰器や可変移相器を用いて実現できる。

【0026】重み付け制御回路9は、 $K$ 個の重み付け器7に付与すべき重みを設定する。すなわち、重み付け制御回路9は、例えば、加算器8の出力信号と予め定義された参照信号とに基づいて、受信信号中の希望波成分を増大し、かつ希望波以外の干渉波成分を抑圧するように、各重み付け器7に与えるそれぞれの重みを決定する。ここで、希望波とは、直接波を処理する回路において直接波のことを指し、1シンボル遅延波を処理する回路において1シンボル遅延波のことを言う。

【0027】すなわち、アダプティブ信号処理部 $4_1$  内の重み付け制御回路9は、アンテナ選択器 $3_1$  を通して得られる受信信号のなかの直接波成分を増大しその他の成分を抑圧するように各重みを設定する。同様に、アダプティブ信号処理部 $4_2$  内の重み付け制御回路9は、アンテナ選択器 $3_2$  を通して得られる受信信号のなかの1

シンボル遅延波成分を増大しその他の成分を抑圧するように各重みを生成する。アダプティブ信号処理部 $4_1$  内の重み付け制御回路9の動作も同様である。

【0028】重みの決定方法には、LMS (Least Mean Square) アルゴリズム、CMA (Constant Modulus Algorithm) 等がある。

【0029】なお、図3に示されるアダプティブ信号処理部 $4_1$ 、 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_L$  は、重み付けおよび合成された受信信号に基づいて重みの制御を行うように構成されているが、アンテナ選択器を通して得られる $K$ 個の受信信号に基づいて重みの制御を行うように構成することも可能である。

【0030】以上により、各アダプティブ信号処理部 $4_1$ 、 $4_2$ 、 $\dots$ 、 $4_L$  から、直接波、1シンボル遅延波、2シンボル遅延波の希望波成分の電力を高めた信号が得られる。

【0031】遅延波を処理する各アダプティブ信号処理部 $4_2$ 、 $4_3$  の出力は遅延回路 $5_2$ 、 $5_3$  を通して合成器6に送られる。各遅延回路 $5_2$ 、 $5_3$  は、直接波を基準として1シンボル遅延波、2シンボル遅延波の時間補正を行う。合成器6は、アダプティブ信号処理部 $4_1$  より直接入力される直接波と、各遅延回路 $5_2$ 、 $5_3$  を通して入力される各遅延波を合成して出力する。合成方法としては、同相合成方法、最大比合成方法等を挙げることができる。

【0032】次に、本発明の第2の実施形態のアダプティブアンテナを説明する。

【0033】図4は本実施形態のアダプティブアンテナの構成を示す図である。

【0034】個々のアンテナ素子 $1_1$ 、 $1_2$ 、 $\dots$ 、 $1_N$  は各々、 $L$  ( $N>L$ ) 個のアンテナ選択器 $1_3_1$ 、 $1_3_2$ 、 $\dots$ 、 $1_3_L$  と接続され、かつ遅延プロファイル測定器 $1_2_1$ 、 $1_2_2$ 、 $\dots$ 、 $1_2_N$  と接続されている。各遅延プロファイル測定器 $1_2_1$ 、 $1_2_2$ 、 $\dots$ 、 $1_2_N$  はアンテナ素子毎の遅延プロファイルを測定して制御部10に出力する。

【0035】制御部10は、各アンテナ素子の遅延プロファイルに基づいて、各アンテナ選択器 $1_3_1$ 、 $1_3_2$ 、 $\dots$ 、 $1_3_L$  のアンテナ選択条件を設定する。すなわち、制御部10は、例えば、アンテナ選択器 $1_3_1$  が直接波の到来する $K$ 個のアンテナ素子を選択し、アンテナ選択器 $1_3_2$  が1シンボル遅延波の到来する $K$ 個のアンテナ素子を選択するようにアンテナ選択器 $1_3_2$  を制御する。

【0036】各アンテナ選択器 $1_3_1$ 、 $1_3_2$ 、 $\dots$ 、 $1_3_L$  によってそれぞれ選択された $K$ 個のアンテナ素子の受信信号はアダプティブ信号処理部 $1_4_1$ 、 $1_4_2$ 、 $\dots$ 、 $1_4_L$  に出力される。これにより、前記の実施形態と同様に、直接波及び各遅延波の希望波成分の電力を高めた信号を得ることができる。

【0037】2つのアダプティブ信号処理部14<sub>2</sub>、14<sub>3</sub>の出力は遅延回路15<sub>2</sub>、15<sub>3</sub>を介して合成器16に出力される。合成器16は、アダプティブ信号処理部14<sub>1</sub>より入力される直接波と、各遅延回路15<sub>2</sub>、15<sub>3</sub>を通して入力される各遅延波を1つの受信信号に合成して出力する。

【0038】以上の2つの実施形態のアダプティブアンテナにより得られる効果を以下に示す。

【0039】本実施形態のアダプティブアンテナは、直接波成分に遅延波成分を合成することによって信号雑音比の高い受信信号を得ることができる。

【0040】本実施形態のアダプティブアンテナは、全アンテナ素子によって得られる受信信号のうち、受信信号の電力、または強度、または信号雑音比がより大きいアンテナ素子を選択して、これらアンテナ素子で受信した信号に対してのみ重み付け処理を行うので、重み付け器7の数を従来のアダプティブアンテナよりも減らすことができ、アダプティブ信号処理を効率良く行うことができる。とともに、信号雑音比の高い受信信号が得られる。

【0041】ところで、本発明のアダプティブアンテナは、以下のように、その一部を変更して構成することが可能である。

【0042】アンテナ選択器が、アンテナ素子を選択するとき、遅延プロファイルと予め設定された基準値とを比較し、測定値が基準値以上となる全てのアンテナ素子を選択する。すなわち、この実施形態のアダプティブアンテナは、選択するアンテナ素子の数が固定されていない点に前記の実施形態のアダプティブアンテナとの違いがある。

【0043】この実施形態のアダプティブアンテナは、信号雑音比の高い受信信号を得るために有効な受信信号の全てを用いるので、より一層良好な受信信号を得ることができる。

【0044】図1に示す実施形態のアダプティブアンテナにおいて、全てのアダプティブ信号処理部のうち1つのアダプティブ信号処理部4<sub>1</sub>に遅延回路が接続されていないのは、このアダプティブ信号処理部4<sub>1</sub>の出力信号の遅延時間（零）を基準としているためである。したがって、遅延回路は全てのアダプティブ信号処理部に接続しても構わない。

【0045】本発明は各アンテナ素子の指向性に関しては、ビーム方向の異なるセクタビームを前提としていたが、無指向性アンテナ素子の受信信号をフーリエ変換することにより、直交マルチビームを形成し、ビームスペースにおいてアダプティブ信号処理を行うことができる。

【0046】本発明は、各アンテナ素子の受信信号をフーリエ変換する回路が付加されたアダプティブアンテナにも適用することができる。本発明に利用可能なフーリ

エ変換方法としては、レンズや反射鏡を用いることによるアナログ的な方法、アナログ信号からデジタル信号に変換された受信信号にFFT (Fast Fourier Transform) の処理を行う方法、などがある。

【0047】なお、本発明のアダプティブアンテナの受信信号はアナログ信号でもデジタル信号でも構わない。受信信号がデジタル信号の場合、アンテナ素子の出力信号をA/D変換器を通してデジタル信号に変換する。

【0048】次に、アンテナ素子の選択方法に特徴を持つ第3の実施形態のアダプティブアンテナを説明する。

【0049】このアダプティブアンテナは、各アンテナ選択器にて、遅延時間毎に、希望波である受信信号の電力、または強度、または信号雑音比がより大きいK個のアンテナ素子を選択するとともに、希望波以外の受信信号の電力、または強度、または信号雑音比がより大きいアンテナ素子をP個（ $1 \leq P$ ）選択する。一般にアダプティブアンテナは希望波と相関が小さい非希望波の受信レベルが大きいほど、その到来方向にヌルを作りやすくなる性質を有するため、このようなアンテナ素子選択によって、非希望波の信号を強力に抑制することができる。

【0050】次に、干渉波信号を推定する手段を設けたアダプティブアンテナについて説明する。このアダプティブアンテナは、遅延時間毎に、希望波である受信信号の電力、または強度、または信号雑音比がより大きいK個のアンテナ素子を選択するとともに、干渉波信号の強度もしくは電力もしくは信号雑音比がより大きいアンテナ素子をP個（ $1 \leq P$ ）選択する。この場合も、干渉波信号の到来方向にヌルを向けた重みを設定することによって、干渉波信号を強力に抑圧することができる。

【0051】以下に、干渉波信号を推定する方法を説明する。

【0052】図5（a）は、あるアンテナ素子の希望波と遅延波の遅延プロファイル $r_0(t)$ 、図5（b）は干渉波の遅延プロファイル $r_1(t)$ 、図5（c）は受信信号 $R(t) = r_0(t) + r_1(t) + n(t)$ の遅延プロファイルである。ただし、 $n(t)$ は受信時に付加される熱雑音成分である。

【0053】図5（d）は前記相関処理によって推定された遅延プロファイル $R'(t)$ であり、これをもとに希望波と遅延波による合成信号のレプリカ $R_r(t)$ （図示せず）がつくられる。

【0054】図5（e）に示すように、受信信号 $R(t)$ とレプリカ $R_r(t)$ との差信号 $d(t)$ は、干渉波成分と、遅延プロファイル作成時に時間分解できなかった遅延波成分と、熱雑音成分からなる。ゆえに、各アンテナ素子における残差信号 $d(t)$ を求めることによって、干渉波信号のおおよその強度を得ることができる。

【0055】また、図5(f)は、遅延時間( $t_0$ )の希望波を除くすべての遅延波からなる推定された遅延プロファイル $R'(t)$ であり、これをもとにつくられた合成信号のレプリカ $R_r(t)$ を規定した場合、受信信号 $R(t)$ とレプリカ $R_r(t)$ との差信号 $d(t)$ は、図5(g)に示すように、 $t_0$ の希望波成分と、干渉波成分と、完全に時間分解できなかった遅延波成分と、熱雑音成分からなる。このため、受信信号の代わりにこの差信号 $d(t)$ を用いてアダプティブアレー処理を行うことにより、干渉波を十分に抑圧することができる。

【0056】遅延波の中には、希望波と同一方向または到来方向が近い方向から入射するものがある。このような場合でも、図5(g)に示す $d(t)$ を用いてアダプティブ処理を行うことによって、遅延波および干渉波の抑圧を強力に行うことができる。

【0057】なお、アダプティブ信号処理部は、アンテナ素子毎の重み付け量を収束させるために、逐次フィードバック処理を行うように構成することが多い。ただし、フィードバック処理を行わないダイバーシチ合成法を適用することもできる。例えば、干渉波による波形歪に対して改善効果のある最小振幅偏差合成ダイバーシチを適用した場合、フィードバックラインが存在しないため、重み付け量が発散することなく安定した出力が得られる上に、処理速度も向上させることができる。また、本発明のアダプティブアンテナに、誤り訂正の符号・復号化方式を適用することによって、アダプティブアレーで空間的に抑圧できない同一方向または希望波と近い方向から到来する不要波を除去する効果が期待できる。また、符号化変調方式を用いても同様の効果が得られる。

【0058】TDD(時分割複信)方式の場合、送受信に同一周波数を用いるため、送受の時間間隔が短いときには、送信波と受信波は同じ伝搬路を通る。よって、受信時に推定した遅延プロファイルを用いて、送信用のアンテナ素子を1つ又は複数選択することにより、送信先側で最適な受信環境を作ることができる。また、信号を受信してから送信するまでの時間に伝搬路状況がほとんど変化しない通信環境の場合、受信時に決定したアンテナ素子および重み付け量を送信時にも用いることができる。これによって、送信用の重みの計算を省略することができる。

【0059】また、本発明のアダプティブアンテナは、CDMA(符号分割多元接続)システムの受信機に適用することができる。この場合、CDMA方式のレイク受信機のパスダイバーシチと高時間分解能の遅延プロファイル推定技術をそのまま流用することができる。これにより、多干渉波環境にあるCDMAシステムのチャンネル容量を増大させることができる。

【0060】また、本発明のアダプティブアンテナは、同一セル内において、異なる方向から到来する信号に対

して異なるチャンネルを割り当てる、SDMA(空間分割多元接続)方式やPDMA(パス分割多元接続)方式において効果的な指向性制御を行うことができる。セルラ方式等のTDMA(時分割多元接続)方式におけるセル内においては、空間的に同一チャンネルの信号が分離して受信できるため、システム上の許容干渉量を大きく設定できる。これにより、同一チャンネルを使うセルの繰り返し数を小さくでき、システム容量を増大させることができる。

【0061】次に、本発明の第4の実施形態のアダプティブアンテナを説明する。

【0062】図6に示すように、本実施形態のアダプティブアンテナの各素子 $1_1 \sim 1_4$ は、それぞれ、指向性の異なる3つのビーム $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{43}$ を形成することができる。直接波、1シンボル遅延波、2シンボル遅延波がそれぞれ図6のように到来しているものとし、各アンテナ素子毎に具備されている遅延プロファイル推定器によって、各到来波の電力が推定されるものとする。

【0063】本実施形態のアダプティブアンテナにおいては、 $P_{11}, P_{12}, P_{13}$ ( $i=1, 2, 3, 4$ )のうちのいずれか1つのビームを形成する各アンテナ素子の中から、直接波、1シンボル遅延波、2シンボル遅延波に対して、受信信号の電力、または強度、または信号雑音比がより大きいアンテナ素子をそれぞれ $K$ ( $\leq 4$ )個ずつ選択し、後に続くアダプティブ信号処理が行われる。

【0064】本発明のアダプティブアンテナでは、次の受信時刻までに、各アンテナ素子のビームを切り替えることを特徴としているが、以下にビーム切り替え方法について述べる。

【0065】例えば、まず、各アンテナ素子 $1_1 \sim 1_4$ のビームを1から順番に選択する。すなわち、ビーム $P_{11}, P_{21}, P_{31}, P_{41}$ を選択する。受信後、各アンテナ素子において遅延プロファイルを推定し、 $t=0$ に着目すると、ビーム $P_{11}$ の中でも $P_{11}, P_{21}$ における直接波電力が著しく大きいことがわかるので、直接波はアンテナ素子 $1_1$ の正面方向あるいはアンテナ素子 $1_1$ と $1_2$ の間の方向から到来していると推定できる。そこで、次の受信時刻に、各アンテナ素子のビームを、直接波が到来していると予想される方向に近いビームに切り替える。すなわち、次の受信時刻には、ビーム $P_{12}, P_{21}, P_{31}, P_{41}$ に切り替わる。

【0066】この状態でさらに受信、遅延プロファイル推定を行い、直接波に着目しておおよその到来方向を推定した後、変更する必要がある場合は、各アンテナ素子のビームをさらに切り替える。直接波の到来方向が時間的に変化しない場合は、最終的に各アンテナ素子は、それぞれ、 $P_{12}, P_{21}, P_{31}, P_{41}$ のビームを形成することになる。

【0067】上記操作を逐次行うことにより、直接波の

到来方向が時間とともに変化する場合にでも、常に直接波を強く受信しているビームに切り替えて、続くアダプティブ信号処理を行うことができる。

【0068】このように、各アンテナ素子より指向性の異なるビームを発生させ、信号受信の状態の推定、及びアダプティブ処理する受信信号の選択を行うことによって、妨害波による受信信号の劣化を更に効果的に抑制することができる。

【0069】なお、上記実施形態では、直接波の受信電力がより大きいアンテナ素子において、次の受信時刻に順次ビームを切り替えたが、前受信時刻のすべての遅延プロファイルと比較して、直接波、1シンボル遅延波、2シンボル遅延波の中で最も受信電力の大きい到来波について、おおよその到来方向を推定し、それに応じて各アンテナ素子で形成するビームを切り替えてもよい。

【0070】次に、指向性の異なる複数のビームを形成するアンテナの構成を説明する。

【0071】図7は、バトラーマトリクスによる切り替え走査タイプのアンテナの構成を示している。このアンテナは、4つのアンテナ素子201と、4つのハイブリッド回路202と、2つの45°移相器203とで構成され、2つのハイブリッド回路202に設けられた各給電端子204に印加する信号を切り換えることで、放射ビームの方向が切り替えられる。なお、この方式は、アンテナ素子201の数が2のべき乗である場合に適用可能である。

【0072】図8は、位相走査タイプのアンテナの構成を示している。このアンテナは、個々のアンテナ素子301の励振位相を移相器304によって制御することによって、指向性の異なる複数のビームを形成する。このアンテナは、移相器304の制御によって自由度の高い走査が可能である。

【0073】また、これらのアンテナの他に、反射鏡アンテナや機械的にビームを変更するアンテナを用いてもよい。

【0074】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、個々

々のアンテナ素子による信号受信の状態を推定した結果に基づいて、遅延時間毎に一部のアンテナ素子を選択し、選択されたアンテナ素子の受信信号に重みをそれぞれ付与するので、妨害波成分を除いた純度の高い受信信号が得られるとともに、受信信号に重みを付与するための全体処理量を従来よりも大幅に減らすことができる。これにより、電波の到来する方向の変化に対して迅速な追従が可能なアダプティブアンテナを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態のアダプティブアンテナの構成を示す図である。

【図2】第1の実施形態のアダプティブアンテナにおける到来波の状況と各アンテナ素子の遅延プロファイルを示す図である。

【図3】第1の実施形態のアダプティブアンテナにおけるアダプティブ信号処理部の構成を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施形態のアダプティブアンテナの構成を示す図である。

【図5】本発明の干渉波信号を推定する手段を設けたアダプティブアンテナにおいて干渉波信号を推定する方法を説明するための図である。

【図6】本発明の第4の実施形態のアダプティブアンテナを説明するための図である。

【図7】指向性の異なる複数のビームを形成するアンテナの構成を示す図である。

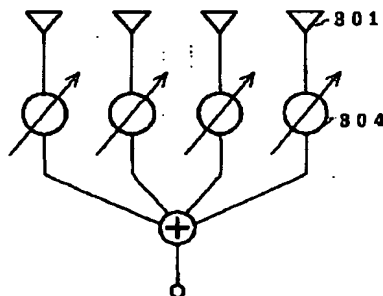
【図8】指向性の異なる複数のビームを形成する他のアンテナの構成を示す図である。

【図9】従来のアダプティブアンテナの構成を示す図である。

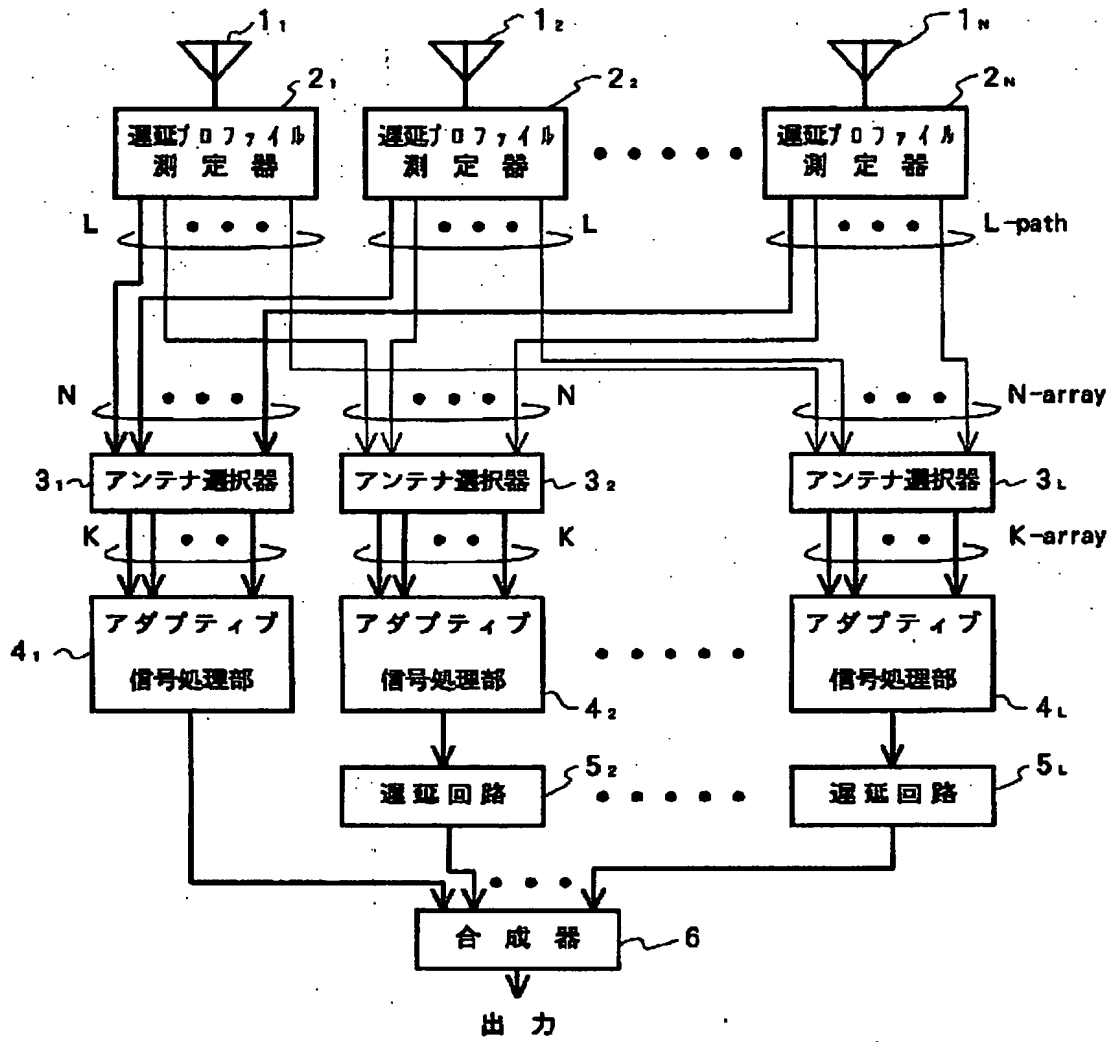
【符号の説明】

1 <sub>1</sub> 、1 <sub>2</sub> 、…、1 <sub>N</sub>	アンテナ素子
2 <sub>1</sub> 、2 <sub>2</sub> 、…、2 <sub>N</sub>	遅延プロファイル測定器
3 <sub>1</sub> 、3 <sub>2</sub> 、…、3 <sub>L</sub>	アンテナ選択器
4 <sub>2</sub> 、…、4 <sub>L</sub>	アダプティブ信号処理部
5 <sub>2</sub> 、…、5 <sub>L</sub>	遅延回路
6	合成器

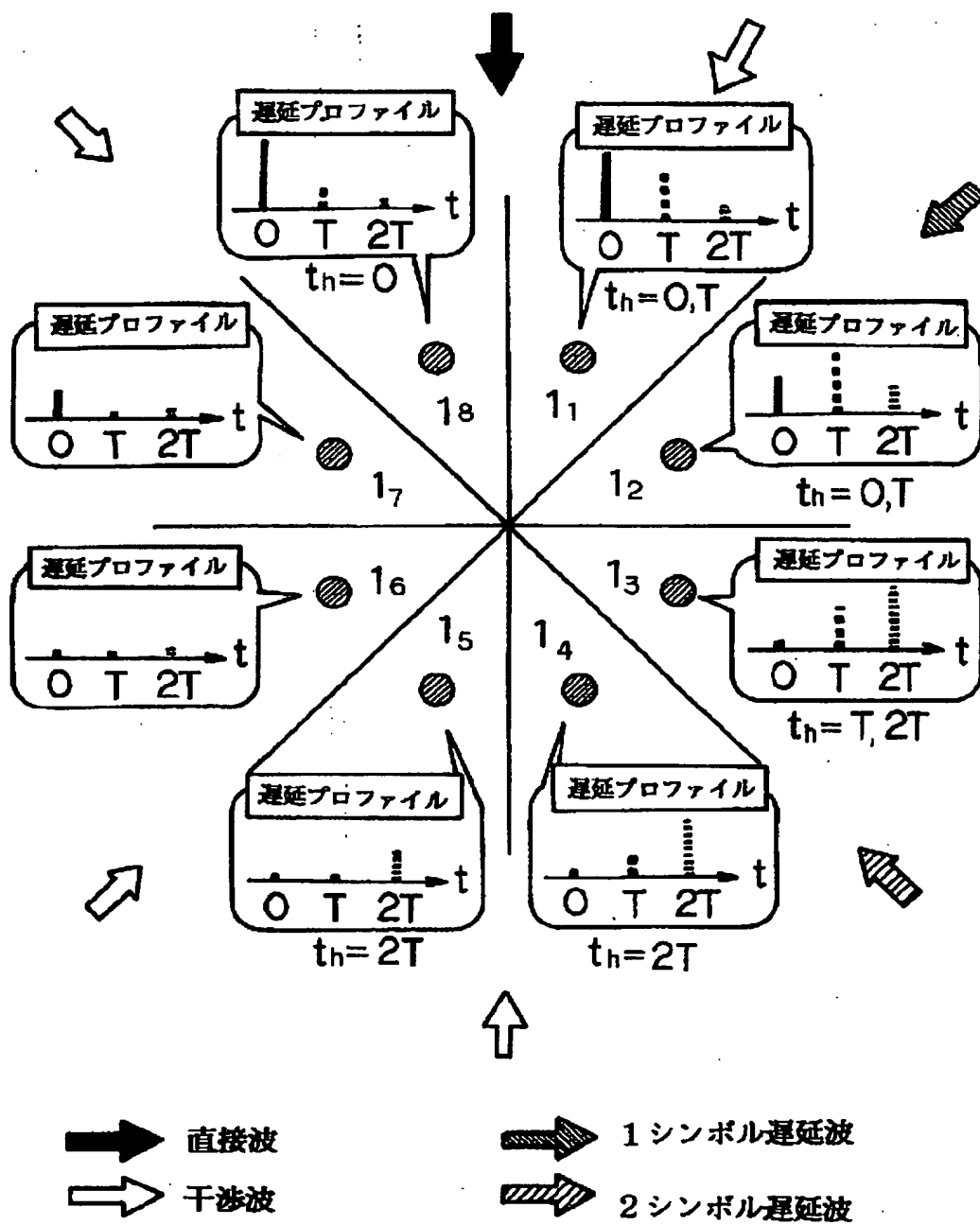
【図8】



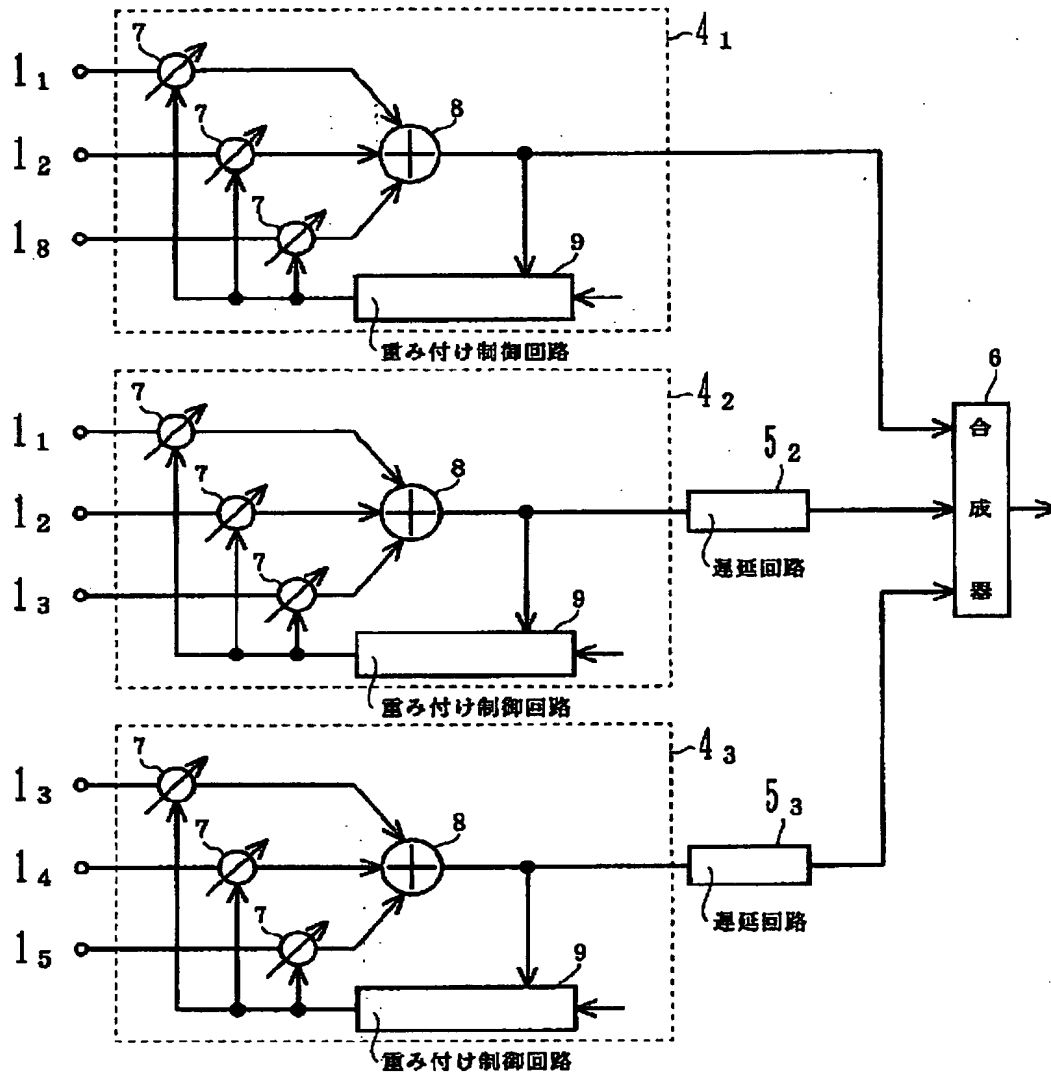
【図1】



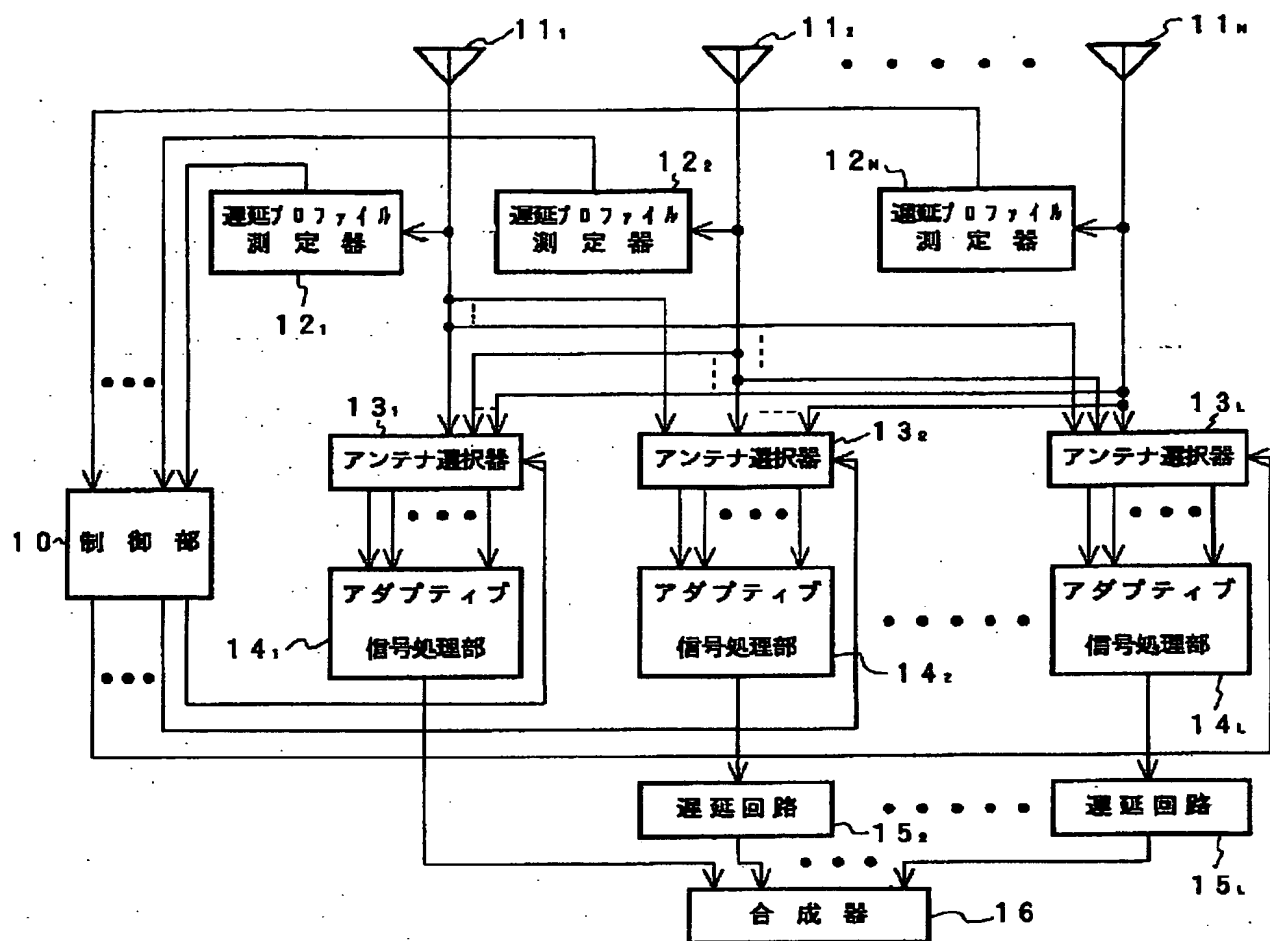
【図2】



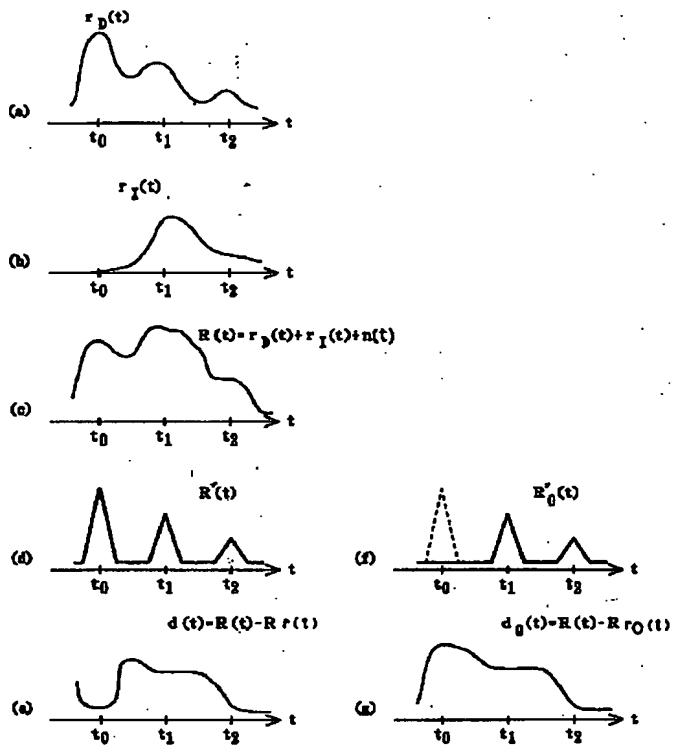
【図3】



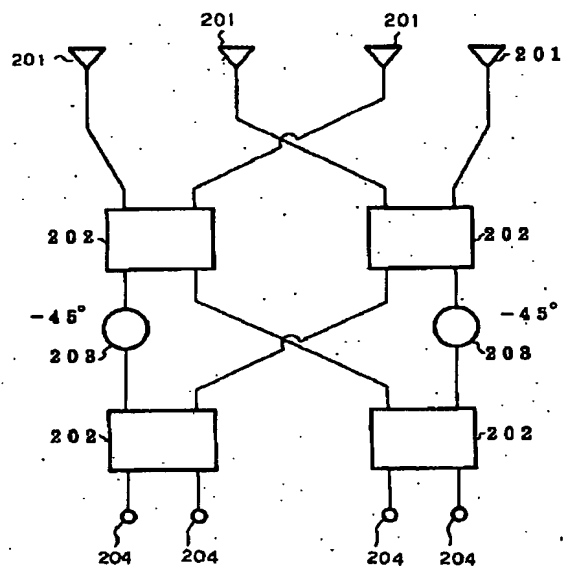
【図4】



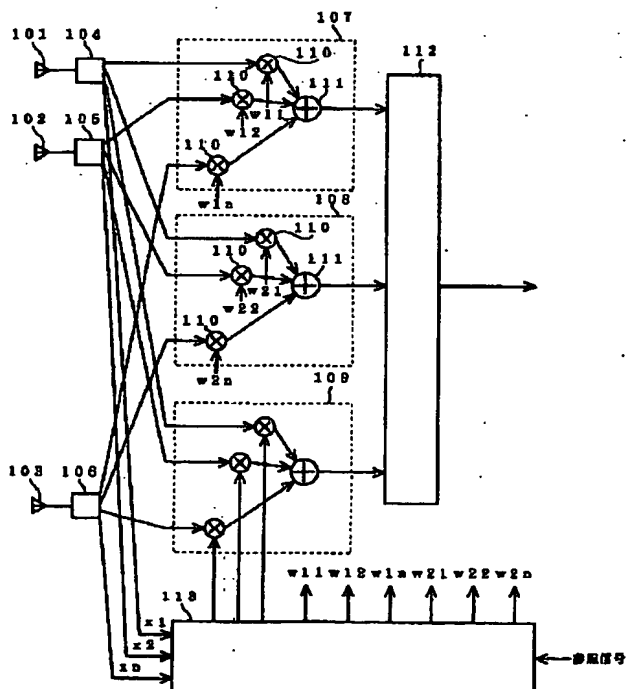
【図5】



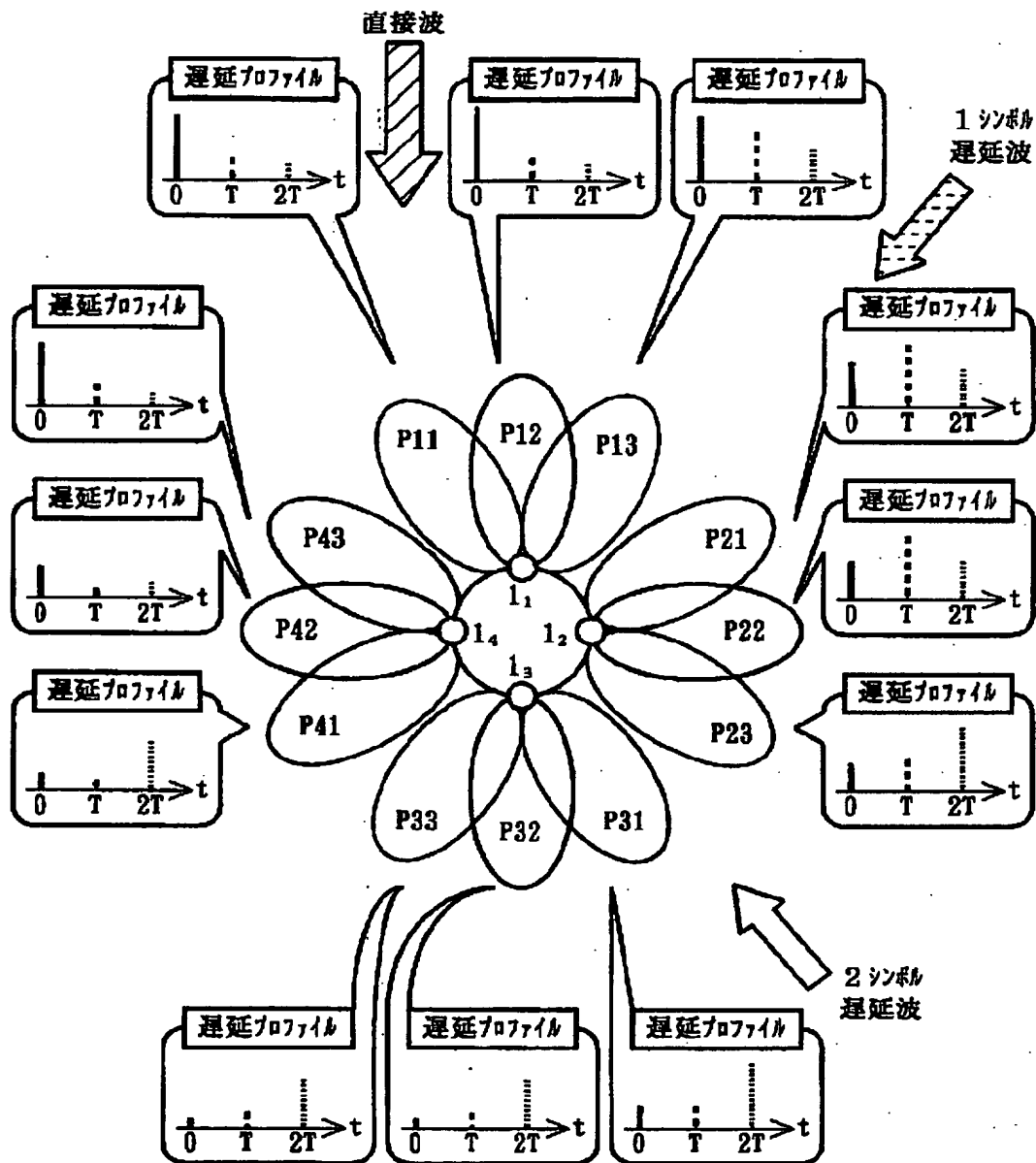
【図7】



【図9】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 村上 康  
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
 式会社東芝研究開発センター内